

厚岸湾におけるキタアメリカフジツボの温度耐性と種間相互作用に関する研究

頼末武史

東北大学大学院農学研究科・女川フィールドセンター

はじめに

沿岸生態系において、外来種は生物間相互作用や生物多様性に大きな影響を与えている。そのため、外来種の定着・拡大機構を解明することは沿岸生態系保全にとって重要な課題である。

潮間帯の固着性生物は干潮時に外気温にさらされ、日本沿岸のタマキビ類では温度耐性が分布域内での温度勾配に沿って変化していることが知られている

(Chiba et al., 2016)。キタアメリカフジツボ (*Balanus glandula*)は北米太平洋岸を原産とする潮間帯性のフジツボで、国内では東北太平洋岸から道東域にかけて定着が確認されている(Kado 2003; Alam et al. 2014)。本種の温度耐性は分布に大きな影響を与えている可能性があるが、移入先の温度環境に応じた耐性の変化の有無については未解明である。

また外来種の分布を規定する要因として、在来生物群集との相互作用が挙げられる。付着直後のフジツボ類の幼生や幼稚体を剥がす（ブルドーザー効果）ことが

知られており、キタアメリカフジツボの分布規定要員として重要な役割を果たしている可能性がある。近年、厚岸湾をフィールドとして在来生物群集が本種の分布に与える影響が調べられているが(Alam and Noda, 2018; Yorisue et al., 2019) カサガイ類のブルドーザー効果の影響は未解明である。

本研究ではキタアメリカフジツボを対象に、温度勾配に沿ってサンプリングを行い、室内での低温耐性実験を実施することで、1) 緯度勾配に沿った低温耐性の変化が存在するかどうかを検証すること、2) カサガイ類のブルドーザー効果がキタアメリカフジツボの加入に与える影響を評価すること、を目的とした。

材料・方法

低温耐性実験

東北地方の太平洋岸の潮間帯上部・中部からキタアメリカフジツボを採集し、東北大学・女川フィールドセンターの屋内飼育施設で飼育保管した。その後、北海道大学・厚岸臨海実験所に送付し、実験まで同実験所の屋内飼育施設で飼育保管した。また、北海道の太平洋岸の潮間帯上部・中部からキタアメリカフジツボを採集し、北海道大学・厚岸臨海実験所実験まで同実験所の屋内飼育施設で飼育保管した。採集地点は図 1 に示した。採集した個体を -5°C および -10°C に 14 時間置き、死亡率を測定した。得られた死亡率データは、一般化線形混合モデル（リンク関数＝ロジスティック関数、分

布＝二項分布)で説明変数を採集地点の緯度、潮位(潮間帯上部・中部)、ランダム因子を採集地点として解析した。

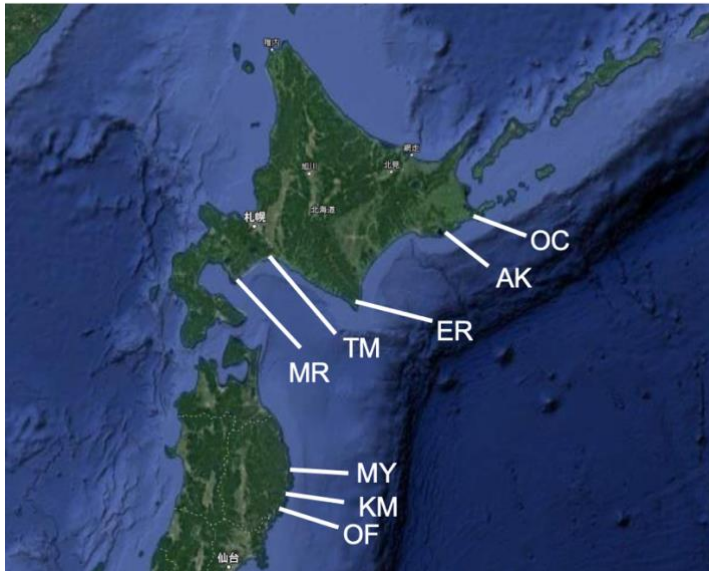
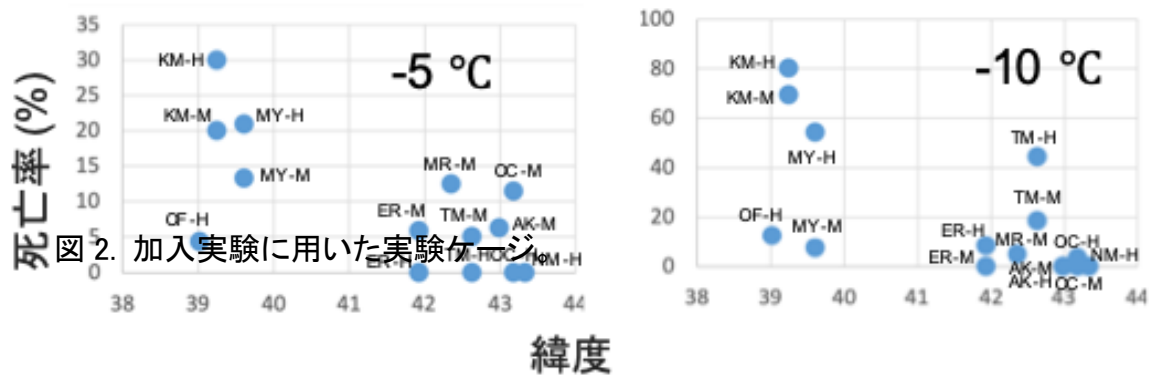


図 1. 低温耐性実験に用いたキタアメリカフジツボの採集地点。

野外加入実験

2019 年 7 月～9 月にかけて、厚岸臨海実験所前にある栈橋のコンクリート壁の潮間帯中部に実験ケージを設置した。ケージ(図 2)は塩ビパイプ(直径 20 cm、高さ 5 cm)とプラスチックネット(5 mm メッシュ)から構成され、中央部に塩ビ製の加入板(8 cm x 5 cm)を取り付けた。また、加入板は滑り止めテープで覆った。縁辺部には厚岸湾の潮間帯で優占するシロガイ(*Lottia cassis*)を 3 個体を入れた。ケージ内のシロガイは毎月交換した。中央部と縁辺部はネットで仕切り、シロガイが加入板に接触できないようにした。また、コントロールとしてシロガイを入れないケージを用意した。実験後、加入板へのフジツボ類の加入個体数を確認した。



結果

低温耐性実験

-5°Cおよび-10°Cの低温耐性実験において、東北の集団の方が北海道の集団よりも高い死亡率を示す傾向があった(図3)。GLMMでは、-5°Cおよび-10°Cの実験結果において、死亡率に対する有意な採集地点の緯度の効果を検出した(表1, 2)。

表1. GLMMの結果(-5°C)

図3. 低温耐性実験の結果。HとMはそれぞれ潮間帯上部、下部を示す。

<i>Fixed effects:</i>	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z value</i>	<i>Pr(> z)</i>
(Intercept)	27.5	11.140	2.469	0.014
緯度	-0.740	0.281	-2.632	0.009
潮位	-17.354	17.284	-1.004	0.315
緯度:潮位	0.443	0.426	1.040	0.298

表 1. GLMM の結果(-10℃)

Fixed effects:	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	39.677	16.855	2.354	0.019
緯度	-1.006	0.409	-2.462	0.014
潮位	-5.373	9.577	-0.561	0.575
緯度:潮位	0.093	0.230	0.406	0.685

野外加入実験

実験後ケージを回収したが、ケージ内に底質が堆積しており、加入板にフジツボ類の加入が見られなかった。

考察

低温耐性実験

低温耐性実験において、東北～太平洋沿岸において高緯度の集団ほど高い低温耐性を持っていることが支持された。キタアメリカフジツボは、東北地方に定着した個体が北上しており(Kado 2003)、現在では北海道東部での定着が確認されている(Alam et al., 2014)。本種が北上する過程で、低温耐性に対する自然選択が働いていた可能性が考えられる。実際に、フジツボ類の経験体温を測定する温度ロガー (Chan et al. 2016) を使用した測定では、北海道の潮間帯のフジツボ類は冬季に-10℃以下の体温を経験しているのに対し、三陸沿岸では-4℃程度にとどまることがわかっている(頼末、未発表データ)。日本沿岸のタマキビ類では温度耐性が分布域内での温度勾配に沿って変化していることが知られており(Chiba et al., 2016)、本研究は一般的に温度耐性が沿岸海洋生物の分布に大きな影響を及ぼしていることを示唆している。また、日本沿岸において、外来生物の定着と分布拡大に温度環境が大きな影響を及ぼしていると考えられる。

野外加入実験

野外加入実験に関しては、8月の台風の影響で、ケージ内に底質が堆積してしまい、フジツボの加入が検出できなかったと考えられる。2016年に同じのケージを利用した実験ではフジツボ類の加入が観察されており(Yorisue et al., 2019)、今後は悪天候時にケージをこまめにメンテナンスするなどの対応が必要である。

引用文献

- Alam, A. R., Hagino, T., Fukaya, K., Okuda, T., Nakaoka, M., & Noda, T. (2014). Early phase of the invasion of *Balanus glandula* along the coast of Eastern Hokkaido: changes in abundance, distribution, and recruitment. *Biological invasions*, 16(8), 1699-1708.
- Alam, A. R., & Noda, T. (2016). An experimental evaluation of the direct and indirect effects of endemic seaweeds, barnacles, and invertebrate predators on the abundance of the introduced rocky intertidal barnacle *Balanus glandula*. *Population ecology*, 58(4), 507-514.
- Chan, B. K., Lima, F. P., Williams, G. A., Seabra, R., & Wang, H. Y. (2016). A simplified biomimetic temperature logger for recording intertidal barnacle body temperatures. *Limnology and Oceanography: Methods*, 14(7), 448-455.
- Chiba, S., Iida, T., Tomioka, A., Azuma, N., Kurihara, T., & Tanaka, K. (2016). Population divergence in cold tolerance of the intertidal gastropod *Littorina brevicula* explained by habitat-specific lowest air temperature. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 481, 49-56.
- Kado, R. (2003). Invasion of Japanese shores by the NE Pacific barnacle *Balanus glandula* and its ecological and biogeographical impact. *Marine ecology progress series*, 249, 199-206.
- Yorisue, T., Ellrich, J. A., & Momota, K. (2019). Mechanisms underlying predator-driven biotic resistance against introduced barnacles on the Pacific coast of Hokkaido, Japan. *Biological Invasions*, 21(7), 2345-2356.